

# BUNDE REPUBLIK DEUTSCHLAND



REC'D 19 DEC 2003  
WIPO PCT

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:	102 50 204.8
Anmeldetag:	28. Oktober 2002
Anmelder/Inhaber:	Infineon Technologies AG, München/DE
Bezeichnung:	Verfahren zur Herstellung einer Transistorstruktur
IPC:	H 01 L 21/8222

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 7. Oktober 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

## Beschreibung

## Verfahren zur Herstellung einer Transistorstruktur

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Transistorstruktur, bestehend aus mindestens einem ersten und einem zweiten Bipolartransistor mit unterschiedlichen Kollektorweiten. Solch ein Verfahren ist beispielsweise aus der DE 100 44 838 C2 bekannt.

10 Bei Bipolartransistoren wird üblicherweise der Kollektor durch eine hochdotierte vergrabene Schicht (Buried Layer) abgeschlossen. Die vergrabene Schicht wird dadurch erzeugt, dass das Substrat eine Ionen-Implantation an der gewünschten 15 Stelle erfährt. Im Anschluss wird eine niedrig dotierte Epitaxieschicht aufgebracht und die Wannen für Basis, Emitter und Kollektor erzeugt. Eine mögliche Prozessfolge ist beispielsweise in dem Lehrbuch „Technologie hochintegrierter Schaltungen“ von D. Widmann, H. Mader, H. Friedrich, Springer 20 Verlag, 2. Auflage, Tabelle 8.13 , S. 326-334 beschrieben.

25 Für integrierte Hochfrequenzschaltungen im GHz-Bereich ist es günstig, sowohl Hochvolt-Transistoren (HV-Transistor) mit einer hohen Durchbruchspannung als auch Hochfrequenz-Transistoren (HF-Transistors) mit einer kurzen Kollektortransitzeit und somit hoher Grenzfrequenz  $F_t$  zu integrieren. Aufgrund der bisher bekannten Herstellungsverfahren muss bei der Integration von Bipolartransistoren mit unterschiedlichen Grenzfrequenzen und Bipolartransistoren mit unterschiedlichen 30 Durchbruchspannungen in Hochfrequenzschaltungen ein Kompromiss bezüglich der Eigenschaften gefunden werden. Hierdurch kann die Leistung solch einer Hochfrequenzschaltung nicht optimal ausgenutzt werden.

35 Bislang wurde solch eine Integration z. B. durch eine unterschiedlich hohe Dotierstoffkonzentration des Kollektorbereichs realisiert. Je geringer die Dotierung, desto höher ist

die Kollektor-Basis-Durchbruchspannung. Die Kollektortransitzeit wird hierdurch jedoch größer und somit Grenzfrequenz  $F_t$  niedriger. Je höher die Dotierung, desto kürzer die Kollektortransitzeit aber desto kleiner die Kollektor-Basis-

5 Durchbruchspannung des Transistors.

Aus M. Racanelli et. al. "Ultra High Speed SiGe NPN for Advanced BiCMOS Technology", 2001 IEEE ist es bekannt, die Dotierung eines Kollektorbereichs eines Transistors so zu skaliertieren, dass die Dotierstoffkonzentration innerhalb des Kollektorbereichs einen Gradienten aufweist. Diese Lösung ermöglicht zwar eine Erhöhung der Durchbruchspannung von HF-Transistoren, stellt jedoch immer noch einen Kompromiss dar.

10 15 Neben der Dotierstoffkonzentration bestimmt auch die Dimensionierung der Kollektorweite die Eigenschaften eines Bipolartransistors. Als Kollektorweite wird derjenige Bereich der Epitaxieschicht bezeichnet, der zwischen der in der Epitaxieschicht gelegenen Wanne der Basis und der vergrabenen Schicht 20 gelegen ist. HF-Transistoren, die auf hohe Grenzfrequenzen optimiert werden sollen, müssen eine kleine Kollektorweite, HV-Transistoren, die auf hohe Durchbruchspannungen hin optimiert sind, eine große Kollektorweite aufweisen.

25 30 35 Die DE 100 44 838 C2 beschreibt ein Halbleiterbauelement sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung, bei dem bipolare Bauelemente mit unterschiedlichen Kollektorweiten realisiert werden. Hierbei wird in eine vergrabene Schicht eines bipolaren Bauelementes ein zusätzlicher Stoff eingebracht, der die Diffusion eines Dotierstoffes der vergrabenen Schicht und somit die Kollektorweite dieses bipolaren Bauelementes beeinflusst. Allerdings ergibt sich durch dieses Verfahren kein scharfer Übergang zwischen den unterschiedlich dotierten vergrabenen Schichten und Kollektoren. Die Kollektorweite lässt sich somit nicht exakt und mit scharfem Profil einstellen, sondern zeigt ein "verschmiertes" Profil mit flachem Gradienten.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist demnach, ein optimiertes Verfahren zur Herstellung einer Transistorstruktur anzugeben, bei dem die Ausbildung von Kollektorbereichen mit unterschiedlichen Kollektorweiten ermöglicht werden, wobei die Kollektorbereiche eine scharfe Grenze zu den vergrabenen Schichten aufweisen.

10 Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren der ein-  
gangs genannten Art gelöst, bei dem mindestens ein erster  
Kollektorbereich mit einer ersten Kollektorweite C1 auf einer  
ersten vergrabenen Schicht und ein zweiter Kollektorbereich  
mit einer zweiten Kollektorweite C2 auf einer zweiten vergra-  
benen Schicht erzeugt werden, wobei für die Erzeugung der  
15 zweiten Kollektorweite C2 eine erste Kollektorzone mit einer  
ersten Dicke C3 auf der zweiten vergrabenen Schicht und eine  
zweite Kollektorzone mit einer zweiten Dicke C4 auf der ers-  
ten Kollektorzone erzeugt werden und mindestens ein Isolati-  
onsbereich erzeugt wird, der zumindest die Kollektorbereiche  
20 voneinander trennt.

Hierdurch wird erreicht, dass die Kollektorweite der beiden  
Bipolartransistoren der Transistorstruktur unterschiedlich  
ist, und die Kollektorbereiche einen scharfen bzw. abrupten  
Übergang mit steilem Gradienten zu den benachbarten Berei-  
chen, wie den vergrabenen Schichten, aufweisen. Die Kollek-  
torweite C1 des ersten Bipolartransistors entspricht vorzugs-  
weise der ersten Dicke C3 des zweiten Kollektorbereiches. Die  
Kollektorweite C2 des zweiten Bipolartransistors setzt sich  
30 aus den Dicken C3 sowie C4 der Kollektorzonen des zweiten  
Kollektorbereiches zusammen. Je dicker demnach die zweite Di-  
cke C4 ist, desto größer ist auch der Unterschied der Kollek-  
torweiten beider Bipolartransistoren.

35 Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass eine schar-  
fe Grenze bzw. ein abrupter Übergang von dem niedrigdotierten  
Kollektor zu der hochdotierten vergrabenen Schicht das Ver-

halten eines Transistors wesentlich verbessert, da ein abruptes Profil mit steilem Gradienten bei einem gleichbleibenden Schichtwiderstand kleinere Randkapazitäten besitzt als ein Profil mit flachem Gradienten. Ebenso wird durch das erfundensgemäße Verfahren das Hochstromverhalten des Transistors verbessert, da sich in dem mit Ladungsträgern überschwemmten Teil des Kollektors kein unnötiger Dotierstoff befindet und dafür der Durchlass der vergrabenen Schicht erniedrigt ist.

10 Erfindungsgemäß wird das Verfahren der eingangs genannten Art dahingehend weiterentwickelt, dass mindestens eine erste Zone einer ersten vergrabenen Schicht von einem ersten Leitfähigkeitstyp des ersten Bipolartransistors und eine erste Zone einer zweiten vergrabenen Schicht von einem ersten oder einem zweiten Leitfähigkeitstyp des zweiten Bipolartransistors in das Halbleitersubstrat eingebracht werden, eine erste epitaktische Schicht erzeugt wird, die ganzflächig zumindest die erste Zone der vergrabenen Schichten bedeckt, zumindest eine zweite Zone von dem ersten Leitfähigkeitstyp innerhalb der ersten epitaktischen Schicht erzeugt wird, wobei die zweite Zone an die erste Zone der ersten vergrabenen Schicht angrenzt, eine zweite epitaktische Schicht erzeugt wird, die ganzflächig zumindest die erste epitaktische Schicht und die zweite Zone der ersten vergrabenen Schicht bedeckt, mindestens ein Isolationsbereich erzeugt wird, der zumindest die Kollektorbereiche voneinander trennt, wobei die zweite Zone der ersten vergrabenen Schicht an den ersten Kollektorbereich und die erste Zone der zweiten vergrabenen Schicht an den zweiten Kollektorbereich angrenzen.

15 20 25 30 Hierdurch werden vergrabene Schichten mit unterschiedlichen Dicken erzeugt, wobei sich die Dicke der ersten vergrabenen Schicht aus einer ersten Zone, die in das Halbleitersubstrat, und einer zweiten Zone, die in die erste epitaktische Schicht eingebracht ist, zusammensetzt. Die zweite vergrabene Schicht und die erste Zone der ersten vergrabenen Schicht sind hierbei vorzugsweise gleich dick. Die Dicken der ersten und zweien-

ten vergrabenen Schichten unterscheiden sich also um die Dicke der zweiten Zone der zweiten vergrabenen Schicht. Da die Kollektorweite, wie eingangs erwähnt, von der Dicke der Epitaxieschicht, abzüglich der in die Epitaxieschicht reichenden vergrabenen Schicht abhängt, können die Kollektorweiten C1 und C2 auf einfache Weise variiert werden und haben doch, anders als bei bislang bekannten Ausführungen, einen scharfen Übergang zwischen den hochdotierten vergrabenen Schichten und den niedrig dotierten Kollektorbereichen.

10

Darüber hinaus schlagen die Erfinder vor, das Verfahren der eingangs genannten Art derart weiterzuentwickeln, dass mindestens eine erste Zone einer ersten vergrabenen Schicht von einem ersten Leitfähigkeitstyp des ersten Bipolartransistors und eine zweite vergrabene Schicht von einem ersten oder einem zweiten Leitfähigkeitstyp des zweiten Bipolartransistors in das Halbleitersubstrat eingebracht werden, mindestens eine erste Kollektorzone des ersten Bipolartransistors und eine erste Kollektorzone des zweiten Bipolartransistors erzeugt werden, wobei die erste Kollektorzone des ersten Bipolartransistors an die erste Zone und die erste Kollektorzone des zweiten Bipolartransistors an die zweite vergrabene Schicht angrenzt, die erste Kollektorzone als erster Leitfähigkeitstyp ausgebildet wird, eine zweite Kollektorzone auf der ersten Kollektorzone des zweiten Bipolartransistors und eine zweite Kollektorzone auf der ersten Kollektorzone des ersten Bipolartransistors erzeugt werden und mindestens ein Isolationsbereich erzeugt wird, der zumindest die Kollektorzonen voneinander trennt.

20

Auch hierdurch wird auf einfache Weise erreicht, dass Kollektorbereiche hergestellt werden, die sowohl unterschiedliche Dicken als auch scharfe Profile mit steilem Gradienten zu den benachbarten vergrabenen Schichten aufweisen und somit eine Transistorstruktur ausgebildet wird, die sowohl die Eigenschaften eines HV-Transistors als auch die eines HF-Transistors beinhaltet.

25

Eine Weiterbildung der erfindungsgemäßen Verfahren sieht vor, dass die dritte Kollektorzone abgeschieden wird.

5 In einer bevorzugten Weiterbildung der erfindungsgemäßen Verfahren wird die dritte Kollektorzone epitaktisch abgeschieden. Hierdurch wird die Kollektorzone mit möglichst wenig Kristalldefekten aufgewachsen, was für die Funktionseigenschaften eines Bipolartransistors sehr wichtig ist.

10

Eine andere Ausgestaltung sieht vor, dass eine Isolierschicht (SOI-Schicht, SOI = Silicon On Insulator = Silizium auf Isolator) zwischen den vergrabenen Schichten und dem Halbleitersubstrat vorgesehen ist. Hierdurch werden die Kollektorbereiche vom Substrat elektrisch isoliert und kapazitiv entkoppelt, ohne dass eine zusätzliche Isolation notwendig ist.

15

Typischerweise wird der Isolationsbereich, der zumindest die Kollektorbereiche voneinander trennt, mit Hilfe von Shallow-Trench-Isolationstechnik (STI-Technik) voneinander getrennt. Der Isolationsbereich kann mit einem elektrisch isolierenden Material, wie beispielsweise einem CVD-Oxid (CVD = Chemical Vapour Deposition) gefüllt sein. Vorzugsweise werden hierdurch die zwei lateral benachbarten hochdotierteren vergrabenen Schichten zweier Bipolartransistoren elektrisch voneinander isoliert. Dieser Isolationsbereich kann beispielsweise als Full Trench (vollständiger Graben) oder als Deep Trench (tiefer Graben) ausgeführt sein.

20

Ein Full Trench ist ein Graben, beispielsweise zwischen Bauelementen eines Chips, bei dem das Silizium bis zu den vergrabenen Schichten geätzt oder unterbrochen ist, so dass Strompfade zwischen den Bauelementen vollständig unterbrochen sind. Ein Full Trench kann größere Transistorbereiche voneinander trennen, wie es auch in einem Artikel von S. Maeda, "Impact of 0,18  $\mu$ m SOI CMOS Technology using Hybrid Trench Isolation with High Resistivity Substrat on Embedded

25

30

35

RF/Analog Applications", 2000 Symp. on VLSI Technology - Digest of Technical Papers (CAT.No. 00CH37104), Seite 154 bis 155 beschrieben ist.

5 Ein Deep Trench wird beispielsweise in dem Artikel "An SOI-Based High Performance Self-Aligned Bipolar Technology Featuring 20 ps Gate-Delay and a 8.6 fJ Power Delay Product" von E. Bertagnolli et al., 1993, Symp. on VLSI-Technologie, Digest of Technical Papers (CAT.No. 93CH3303-5), Seite 63 bis  
10 64 beschrieben. Im Gegensatz zum Full Trench ist der Deep Trench nicht breit genug, um darüber passive Bauelementen in ihren vollen Abmessungen integrieren zu können. Vielmehr dient der Deep Trench zur dielektrischen Bauelementeisolation.

15

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Zeichnungen im Detail erläutert. Es zeigen

20 Figuren 1a bis 1d in schematischer Querschnittsansicht ein erstes erfindungsgemäßes Verfahren zur Erzeugung einer erfindungsgemäßen Transistorstruktur mit zwei Kollektorbereichen unterschiedlicher Kollektorweite mittels selektiver Epitaxie,

25

Figuren 2a bis 2e in schematischer Querschnittsansicht ein zweites erfindungsgemäßes Verfahren zur Erzeugung einer Transistorstruktur mit zwei Kollektorbereichen unterschiedlicher Kollektorweite mittels ganzflächiger Epitaxie,

30

Figuren 3a bis 3c in schematischer Querschnittsansicht ein drittes erfindungsgemäßes Verfahren zur Erzeugung einer Transistorstruktur mit zwei Kollektorbereichen unterschiedlicher Kollektorweite,

35

Figur 4 in schematischer Querschnittsansicht eine alternative Ausgestaltung zur Erzeugung einer Transistorstruktur mit zwei Kollektorbereichen unterschiedlicher Kollektorweite mit SOI-Struktur.

5

Das anhand der Figuren 1a bis 1d im folgenden beschriebene erste erfindungsgemäße Verfahren zur Erzeugung einer erfindungsgemäßen Transistorstruktur mit zwei Kollektorbereichen unterschiedlicher Kollektorweite erfolgt mittels selektiver Epitaxie.

10

In der Figur 1a sind bereits die, beispielsweise  $n^{+}$ -dotierten, vergrabenen Schichten 5.1 und 5.2 in das Halbleitersubstrat 1 eingebracht und durch Isolationsbereiche 4, hier als Tiefe Trenche 4 realisiert, voneinander isoliert worden. Das Halbleitersubstrat 1 besteht z. B. aus einkristallinem Silizium, das p-dotiert ist.

15

Weiterhin sind eine erste Hilfsschicht 6 und eine zweite Hilfsschicht 7 vorgesehen, die den Isolationsbereich 4 von dem Halbleitersubstrat 1 und den vergrabenen Schichten 5.1 und 5.2 trennen. Hierbei grenzt die zweite Hilfsschicht 7 an den Isolationsbereich 4 an und die erste Hilfsschicht 6 an die zweite Hilfsschicht 7 sowie an das Halbleitersubstrat 1 und die vergrabenen Schichten 5.1 und 5.2.

25

Die zweite Hilfsschicht 7 besteht vorzugsweise aus einem Material, das beständig gegen Oxidation und selektiv zu Oxid ätzbar ist, wie beispielsweise Siliziumnitrid  $Si_3N_4$ . Hierdurch können Seitenwanddefekte vermieden werden, also Kristallfehler, die an der Grenzfläche zwischen einem dielektrischen Material und Silizium beim epitaktischen Aufwachsen des Siliziums entstehen. In einer anderen Variante kann die zweite Hilfsschicht 7 aus Polysilizium gebildet werden. Die Dicke dieser zweiten Hilfsschicht 7 liegt im Bereich zwischen 3 nm bis 60 nm. Ein Vorteil dieser dünnen Nitridauskleidung besteht darin, dass sie die Wand des, beispielsweise mit CVD-

Oxid gefüllten, Isolationsbereiches 4 vor Oxidationen schützt und so Defektbildungen verhindert.

5 Die erste Hilfsschicht 6 besteht vorzugsweise aus einem Material, welches selektiv zur Schicht 7 ätzbar ist und große mechanische Spannungen auf dem Halbleitersubstrat 1 vermeidet, wie beispielsweise einem Oxid. Weiterhin kann die Hilfsschicht 6 bis zur Epitaxie die empfindliche Silizium-Oberfläche der vergrabenen Schichten 5.1 und 5.2 vor Oxidation schützen.

10 15 Die Öffnungen 12 werden bis zu der zweiten Hilfsschicht 7 in eine STI-Oxidschicht 13 geätzt, die vorzugsweise ganzflächig das Halbleitersubstrat 1 mit den darauf befindlichen Hilfsschichten 6 und 7 bedeckt. Wie aus der EP 0 600 276 B1 bekannt ist, kann die Ätzung durch anisotropes Trockenätzen erfolgen, das selektiv auf Siliziumnitrid, und damit auf der zweiten Hilfsschicht 7, stoppt.

20 25 30 Im anschließenden Verfahrensschritt gemäß der Figur 1b erfolgt eine laterale Unterätzung 14 der Hilfsschichten 6 und 7. Die Unterätzung 14 wird genauer in der EP 0 600 276 B1 beschrieben. Da sich Seitenwanddefekte, ausgehend von den Grenzflächen zwischen den Hilfsschichten 6 und 7 und der Oberfläche der vergrabenen Schichten 5.1 und 5.2, bilden und unter einem Winkel von etwa 52° entlang von (111)-Kristallflächen, also beispielsweise entlang der Seitenwand der STI-Oxidschicht, hochwachsen, kann dieses Wachstum der Seitenwanddefekte durch den Überhang, der von den Unterätzungen 14 der STI-Oxidschicht 13 gebildeten wird, unterbrochen werden.

35 Im Anschluss wird ein erster Kollektorbereich 2.1 mit einer Dicke C1 sowie eine Kollektorzone 2.2.1 mit einer Dicke C3 epitaktisch abgeschieden, wobei der erste Kollektorbereich 2.1 an die erste vergrabene Schicht 5.1 und die Kollektorzone 2.2.1 an die zweite vergrabene Schicht 5.2 angrenzt. Die Kol-

lektorzone 2.2.1 ist hierbei für den zweiten Kollektorbereich eines zweiten Bipolartransistors vorgesehen. Die Dicken C1 und C3 des Kollektorbereiches 2.1 und der Kollektorzone 2.2.1 sind annähernd gleich und liegen vorzugsweise zwischen 50 nm 5 und 300 nm.

Nach Abdeckung des ersten Kollektorbereiches 2.1 mit einer maskierenden Schicht 8 wird in der Figur 1c auf der Kollektorzone 2.2.1 eine weitere Kollektorzone 2.2.2 epitaktisch 10 aufgebracht. Diese Kollektorzone 2.2.2 hat vorzugsweise eine Dicke C4, die zwischen 100 nm und 200 nm beträgt. Damit liegt die Kollektorweite C2 des zweiten Kollektorbereiches 2.2, der sich aus den Kollektorzonen 2.2.1 und 2.2.2 zusammensetzt, im Bereich zwischen 150 nm und 500 nm.

15

15 Im vorliegenden Beispiel schließt der zweite Kollektorbereich 2.2 auf annähernd gleicher Höhe mit der Oberfläche der STI-Oxidschicht 13 ab.

20 Typischerweise stehen die Kollektorweite C1 des ersten Kollektorbereiches 2.1 und die Kollektorweite C2 des zweiten Kollektorbereiches 2.2 zueinander in einem Verhältnis, das zwischen 0,05 und 0,9 liegt. Typische Werte liegen bei 100 nm für die Kollektorweite C1, sowie 250 nm für die Kollektorweite C2. Durch die unterschiedlichen Kollektorweiten C1 und C2 25 der zwei Kollektorbereiche 2.1 und 2.2 auf demselben Halbleitersubstrat 1 wird erreicht, dass sowohl die Eigenschaften eines HF-Transistors als auch eines HV-Transistors optimiert werden.

30

30 Sollen noch größere Unterschiede zwischen den Kollektorweiten des ersten und zweiten Kollektorbereiches 2.1 und 2.2 erzielt werden, so wird im Verfahrensschritt der Figur 1b die Kollektorweite C1 und die Dicke C3 relativ gering gehalten und im 35 darauf folgenden Verfahrensschritt der Figur 1c die Abscheidung der Kollektorzone 2.2.2 mit einer zweiten Dicke C4 entsprechend häufig wiederholt.

In der Transistorstruktur der Figur 1d wurde die maskierende Schicht über dem Kollektorbereich 2.1 entfernt und Kollektoranschlussbereiche 11 eingefügt. Nach Auffüllung mit beispielweise Wolfram, können die Kollektoren zur Oberfläche elektrisch herausgeführt werden, wodurch die Integration der Transistorstruktur in einen integrierten Schaltkreis ermöglicht wird.

Das anhand der Figuren 1a bis 1d beschriebene erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung einer Transistorstruktur für zwei Bipolartransistoren mit Hilfe der selektiven Epitaxie ist besonders einfach. Es werden die verschiedenen Kollektorbereiche in jeweils aufeinanderfolgenden Epitaxieschritten mit der benötigten Dicke in der STI-Oxidschicht 13 abgeschieden, wobei der schon fertig gestellte Kollektorbereich 2.1 durch eine maskierende Schicht 8 abgedeckt wird, um eine weitere epitaktische Abschneidung zu verhindern. Die für eine epitaktische Abscheidung benötigten Bereiche in der STI-Oxidschicht 13 werden also jeweils nur für den entsprechenden Epitaxieschritt geöffnet.

Auch mit Hilfe von ganzflächiger Epitaxie ist es möglich, Kollektorbereiche 2.x mit unterschiedlichen Kollektorweiten und scharfen Übergängen zu den hochdotierten vergrabenen Schichten zu realisieren, wie anhand der Figuren 2a bis 2e nachfolgend erläutert. Hierbei schließen die Kollektorbereiche 2.x nach oben planar auf gleicher Höhe mit der Oberfläche der STI-Oxidschicht 13 ab, wobei die Dicken D1 und D2 der vergrabenen Schichten 5.1 und 5.2 variiert werden. Dieser planare Abschluss ist besonders vorteilhaft, da für anschließende Fotoschritte (hier nicht beschrieben), mit Strukturgrößen kleiner als 0.35  $\mu\text{m}$ , planare Oberflächen benötigt werden.

Gemäß der Figur 2a wird über die ganze Fläche des Halbleitersubstrats 1, in das eine erste Zone 5.1.1 einer ersten vergrabenen Schicht und eine weitere erste Zone 5.2.1 einer

zweiten vergrabenen Schicht bereits implantiert wurden, eine epitaktische Schicht 9 mit einer Dicke E1 abgeschieden. Die ersten Zonen 5.1.1 und 5.2.1 sind vorzugsweise n<sup>+</sup>-dotiert.

5 Im Anschluss wird in Figur 2b in die epitaktische Schicht 9 eine zweite Zone 5.1.2 der vergrabenen Schicht 5.1 und eine zweite Zone 5.2.2 der vergrabenen Schicht 5.2 eingebracht, wobei auch diese zweiten Zonen 5.x.2 n<sup>+</sup>-dotiert sind. Die zweite Zone 5.1.2 erstreckt sich hierbei annähernd über die 10 Fläche der ersten Zone 5.1.1, die zweite Zone 5.2.2 der vergrabenen Schicht 5.2 dagegen lediglich über einen Teilbereich der ersten Zone 5.2.1 der vergrabenen Schicht 5.2.

15 Im darauffolgenden Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens in der Figur 2c wird eine zweite epitaktische Schicht 10 ganzflächig über die epitaktische Schicht 9, sowie die zweiten Zonen 5.x.2 der vergrabenen Schichten 5.1 und 5.2 in einer Dicke E2 abgeschieden. Hierbei kann diese zweite epitaktische Schicht 10 aus einer einzigen oder mehreren Abscheidungen hintereinander resultieren. Durch die Dicke E2 dieser 20 epitaktischen Schicht 10 kann die Kollektorweite C1 eines ersten Kollektorbereiches festgelegt werden, wobei die Kollektorweite C1 der Dicke E2 der epitaktischen Schicht 10 entspricht. Die Kollektorweite C2 des zweiten Kollektorbereiches 25 entspricht dagegen der Summe der Dicken E1 der epitaktischen Schicht 9 sowie der Dicke E2 der epitaktischen Schicht 10.

30 Die vergrabenen Schichten 5.1 und 5.2 werden in der Figur 2d über Isolationsbereiche 4, im vorliegenden Beispiel als tiefe Gräben ausgeführt, voneinander isoliert.

Anschließend wird in der Figur 2e die STI-Oxidschicht 13 in die epitaktische Schicht 10 gemäß der Figur 2d geätzt und vorzugsweise mit STI-Oxid aufgefüllt, wobei Bereiche für den 35 Kollektoranschlussbereich 11 sowie den ersten und zweiten Kollektorbereich 2.1 und 2.2 frei gelassen werden. Danach werden die Kollektoranschlussbereiche 11 über den zweiten Zo-

nen 5.2.2 und 5.1.2 geätzt, um hierdurch eine elektrische Anbindung des Kollektors zu ermöglichen.

Der erste Kollektorbereich 2.1 hat somit eine erste Kollektorweite C1, der zweite Kollektorbereich eine größere Kollektorweite C2. Beide Kollektorbereiche 2.1 und 2.2 schließen planar mit der Oberfläche der STI-Oxidschicht 13 ab und besitzen beide scharfe Übergänge zwischen den stark dotierten Bereichen der vergrabenen Schichten 5.x und den geringer dotierten Kollektorbereichen 2.x. Hierdurch erhält die Transistorstruktur definierte und exakt bestimmbare Eigenschaften.

Ein weiteres erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Transistorstruktur mit zwei Kollektorbereichen unterschiedlicher Kollektorweite wird anhand der Figuren 3a bis 3c näher beschrieben.

In der Figur 3a wird analog zu der Figur 1b eine Struktur zur Verfügung gestellt, mit einem, vorzugsweise p-dotierten, Halbleitersubstrat 1, einer in das Halbleitersubstrat 1 implantierten ersten Zone 5.1.1 einer ersten vergrabenen Schicht und einer implantierten zweiten vergrabenen Schicht 5.2, mit einer Dicke D2, Isolationsbereichen 4, einer ersten Hilfsschicht 6 und einer zweiten Hilfsschicht 7, einer STI-Oxidschicht 13 und den Kollektorzonen 2.1.1 und 2.2.1.

Wie in der Figur 1b sind in der Figur 3a die Hilfsschichten 6 und 7 unter die STI-Oxidschicht 13 unterätzt, so dass die Kollektorzonen 2.1.1 und 2.2.1 im Querschnitt einen stufenförmigen Verlauf aufweisen. Durch diese Unterätzung 14 zeigt die STI-Oxidsschicht 13 einen Überhang über einen Teil der Kollektorzonen 2.1.1 und 2.2.1.

Die Dicke C3 dieser Kollektorzonen 2.1.1 und 2.2.1 kann zwischen 5nm und 300nm variieren.

Nach Aufbringen einer maskierenden Schicht 8 auf den Bereich der Kollektorzone 2.2.1 wird die Kollektorzone 2.1.1, wie anhand der Pfeile 15 in der Figur 3b gezeigt, derart dotiert, dass sie die selbe Dotierung wie die erste Zone 5.1.1 der 5 ersten vergrabenen Schicht 5.1 aufweist. Vorzugsweise ist dies eine  $n^+$ -Dotierung. Diese neu gebildete zweite Zone 5.1.2 und die erste Zone 5.1.1 bilden nun die vergrabene Schicht 5.1 mit einer Dicke D1 aus.

10 Nach Entfernen der maskierenden Schicht 8 wird in der Figur 3c ein erster Kollektorbereich 2.1 auf der ersten vergrabenen Schicht 5.1 mit einer Kollektorweite C1 und auf der Kollektorzone 2.2.1 eine weitere Kollektorzone 2.2.2 mit einer Dicke C4 epitaktisch abgeschieden. Der zweite Kollektorbereich 15 2.2 bildet sich nun aus den beiden Kollektorzonen 2.2.1 und 2.2.2 und hat eine Kollektorweite C2, die die Summe der Dicken C3 und C4 darstellt. Beide Kollektorbereiche 2.1 und 2.2 schließen planar mit der Oberfläche der STI-Oxidschicht 13 ab.

20 Nach Einfügen der Kollektoranschlussbereiche 11 und Füllen mit beispielsweise Wolfram ist die Transistorstruktur der Figur 3c für eine Verwendung in Bipolartransistoren geeignet.

25 In einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform der Figur 4 wird zwischen dem Halbleitersubstrat 1 und den vergrabenen Schichten 5.1 und 5.2 eine Isolierschicht 3 erzeugt.

30 Die Erzeugung der Kollektorbereiche 2.1 und 2.2 mit unterschiedlichen Kollektorweiten C1 und C2 und scharfen Übergängen zwischen den Kollektorbereichen und den vergrabenen Schichten kann dem erfindungsgemäßen Verfahren aus den Figuren 3a bis 3c entsprechen. Darüber hinaus sind auch die erfindungsgemäßen Verfahren, die anhand der Figuren 1a bis 1d 35 und 2a bis 2e erläutert sind, denkbar.

Vorzugsweise werden in den erfindungsgemäßen Verfahren der Figuren 1 bis 4 die erste vergrabene Schicht 5.1 und die zweite vergrabene Schicht 5.2 als gleicher Leitfähigkeitstyp ausgestaltet. Diese Ausgestaltung ermöglicht die Ausbildung

5 zweier gleichartiger Transistorstrukturen nebeneinander, also beispielsweise zweier npn-Transistoren bzw. zweier pnp-Transistoren.

10 In einer alternativen Ausführungsform sind die erste vergrabene Schicht 5.1 und die zweite vergrabene Schicht 5.2 als unterschiedlichen Leitfähigkeitstypen ausgestaltet. Hierdurch wird es ermöglicht, auf demselben Halbleitersubstrat 1 einen npn-Transistor neben einen pnp-Transistor auszubilden.

15 In einer besonders vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Verfahren werden die Kollektorbereiche mit einem Dotierstoffgradienten ausgebildet, wobei die Konzentration des Dotierstoffes in horizontaler Richtung variiert. Diese Weiterbildung ermöglicht es beispielsweise, im mittleren Kollektorbereich eine erhöhte Dotierstoffkonzentration auszubilden. Diese Weiterbildung, insbesondere mit einer geringen Dicke des Kollektorbereiches, verringert die Basis-Kollektor-Raumladungszone und verringert somit die Kollektortransitzeit. Vor allem bei sehr kleinen Transistorstrukturen, bei 20 denen der Emitterbereich oberhalb des Kollektorbereiches zentriert angeordnet ist, ist diese Weiterbildung besonders vorteilhaft.

25 Es versteht sich, dass anstelle der Deep Trenches auch Full Trenches als Isolationsbereiche 4 verwendet werden können.

30 Insgesamt ermöglichen die erfindungsgemäßen Verfahren, wie anhand der Figuren 1 bis 4 erläutert, die Herstellung von Transistorstrukturen, mit einem ersten Kollektorbereich 2.1, 35 mit einer ersten Kollektorweite C1, sowie einem zweiten Kollektorbereich 2.2, mit einer größeren Kollektorweite C2, auf demselben Halbleitersubstrat 1, wobei alle Übergänge zwischen

unterschiedlich dotierten Bereichen eine scharfe Grenzfläche aufweisen. Hierbei ist beispielsweise der erste Kollektorbereich 2.1 für einen Hochfrequenztransistor mit hohen Grenzfrequenzen  $f_T$ , der zweite Kollektorbereich 2.2 für einen Hochvolttransistor mit erhöhten Durchbruchspannungen geeignet.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Transistorstruktur, bestehend aus mindestens einem ersten und einem zweiten Bipolartransistor mit unterschiedlichen Kollektorweiten (C1, C2), wobei

5 A) ein Halbleitersubstrat (1) zur Verfügung gestellt wird,  
B) mindestens eine erste vergrabene Schicht (5.1) des ersten Bipolartransistors und eine zweite vergrabene Schicht (5.2) des zweiten Bipolartransistors in das Halbleitersubstrat (1) eingebracht werden und  
10 C) mindestens ein erster Kollektorbereich (2.1) mit einer ersten Kollektorweite (C1) auf der ersten vergrabenen Schicht (5.1) und ein zweiter Kollektorbereich (2.2) mit einer zweiten Kollektorweite (C2) auf der zweiten vergrabenen Schicht (5.2) erzeugt werden,  
15 dadurch gekennzeichnet, dass  
a) für die Erzeugung der zweiten Kollektorweite (C2) eine erste Kollektorzone (2.2.1) mit einer ersten Dicke (C3) auf der zweiten vergrabenen Schicht (5.2) und  
20 b) eine zweite Kollektorzone (2.2.2) mit einer zweiten Dicke (C4) auf der ersten Kollektorzone (2.2.1) erzeugt werden und  
c) mindestens ein Isolationsbereich (4) erzeugt wird, der zum mindest die Kollektorbereiche (2.1, 2.2) voneinander trennt.

25 2. Verfahren zur Herstellung einer Transistorstruktur, bestehend aus mindestens einem ersten und einem zweiten Bipolartransistor mit unterschiedlichen Kollektorweiten (C1, C2), wobei

30 A) ein Halbleitersubstrat (1) zur Verfügung gestellt wird,  
B) mindestens ein erster Kollektorbereich (2.1) des ersten Bipolartransistors mit einer ersten Kollektorweite (C1) und ein zweiter Kollektorbereich (2.2) des zweiten Bipolartransistors mit einer zweiten Kollektorweite (C2) erzeugt werden,

dadurch gekennzeichnet, dass

a) mindestens eine erste Zone (5.1.1) einer ersten vergrabenen Schicht (5.1) von einem ersten Leitfähigkeitstyp des ersten Bipolartransistors und eine erste Zone (5.2.1) einer zweiten vergrabenen Schicht (5.2) von einem ersten oder einem zweiten Leitfähigkeitstyp des zweiten Bipolartransistors in das Halbleitersubstrat (1) eingebbracht werden,

5 b) eine erste epitaktische Schicht (9) erzeugt wird, die ganzflächig zumindest die ersten Zonen (5.1.1, 5.2.1) bedeckt,

10 c) zumindest eine zweite Zone (5.1.2) von dem ersten Leitfähigkeitstyp innerhalb der ersten epitaktischen Schicht (9) erzeugt wird, wobei die zweite Zone (5.1.2) an die erste Zone (5.1.1) der ersten vergrabenen Schicht (5.1) angrenzt,

15 d) eine zweite epitaktische Schicht (10) erzeugt wird, die ganzflächig zumindest die erste epitaktische Schicht (9) und die zweite Zone (5.1.2) der ersten vergrabenen Schicht (5.1) bedeckt,

20 e) mindestens ein Isolationsbereich (4) erzeugt wird, der zumindest die Kollektorbereiche (2.1, 2.2) voneinander trennt, wobei

25 e) die zweite Zone (5.1.2) der ersten vergrabenen Schicht (5.1) an den ersten Kollektorbereich (2.1) und die erste Zone (5.2.1) der zweiten vergrabenen Schicht (5.2) an den zweiten Kollektorbereich (2.2) angrenzen:

3. Verfahren zur Herstellung einer Transistorstruktur, bestehend aus mindestens einem ersten und einem zweiten Bipolartransistor mit unterschiedlichen Kollektorweiten (C1, C2), wobei

30 A) ein Halbleitersubstrat (1) zur Verfügung gestellt wird,

B) mindestens ein erster Kollektorbereich (2.1) des ersten Bipolartransistors mit einer ersten Kollektorweite (C1) und ein zweiter Kollektorbereich (2.2) des zweiten Bipo-

lartransistors mit einer zweiten Kollektorweite (C2) erzeugt werden,

dadurch gekennzeichnet, dass

a) mindestens eine erste Zone (5.1.1) einer ersten vergra-

5 benen Schicht (5.1) von einem ersten Leitfähigkeitstyp des ersten Bipolartransistors und eine zweite vergrabene Schicht (5.2) von einem ersten oder einem zweiten Leitfähigkeitstyp des zweiten Bipolartransistors in das Halbleitersubstrat (1) eingebracht werden,

10 b) mindestens eine erste Kollektorzone (2.1.1) des ersten Bipolartransistors und eine erste Kollektorzone (2.2.1) des zweiten Bipolartransistors erzeugt werden, wobei die erste Kollektorzone (2.1.1) des ersten Bipolartransistors an die erste Zone (5.1.1) und die erste Kollektorzone (2.2.1) des zweiten Bipolartransistors an die

15 zweite vergrabene Schicht (5.2) angrenzt,

c) die erste Kollektorzone (2.1.1) als erster Leitfähigkeitstyp ausgebildet wird,

20 d) eine zweite Kollektorzone (2.2.2) auf der ersten Kollektorzone (2.2.1) des zweiten Bipolartransistors und eine zweite Kollektorzone (2.1.2) auf der ersten Kollektorzone (2.1.1) des ersten Bipolartransistors erzeugt werden und

e) mindestens ein Isolationsbereich (4) erzeugt wird, der zumindest die Kollektorzonen (2.x.y) voneinander trennt.

35 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3

dadurch gekennzeichnet,

dass die zweite Kollektorzone (2.2.2) abgeschieden wird.

30

5. Verfahren nach Anspruch 4

dadurch gekennzeichnet,

dass die zweite Kollektorzone (2.2.2) epitaktisch abgeschieden wird.

35

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet,

dass eine Isolierschicht (3) zwischen dem Halbleitersubstrat (1) und den vergraben Schichten (5.1, 5.2) erzeugt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6  
5 dadurch gekennzeichnet,  
dass der Isolationsbereich (4) mit Hilfe von Shallow Trench Isolationstechnik erzeugt wird.

Zusammenfassung

Verfahren zur Herstellung einer Transistorstruktur

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Transistorstruktur, bestehend aus mindestens einem ersten und einem zweiten Bipolartransistor mit unterschiedlichen Kollektortweitern.
- 10 Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass alle Übergänge zwischen unterschiedlich dotierten Bereichen eine scharfe Grenzfläche aufweisen. Hierbei ist beispielsweise ein erster Kollektorbereich 2.1 für einen Hochfrequenztransistor mit hohen Grenzfrequenzen  $f_T$ , ein zweiter Kollektorbereich 2.2 für einen Hochvolttransistor mit erhöhten Durchbruchsspannungen geeignet.
- 15

Fig. 3c

## Bezugszeichenliste

1 Halbleitersubstrat

2.1 erster Kollektorbereich

5 2.2 zweiter Kollektorbereich

2.1.1 erste Kollektorzone eines ersten Bipolartransistors

2.1.2 zweite Kollektorzone eines ersten Bipolartransistors

10 2.2.1 erste Kollektorzone eines zweiten Bipolartransistors

2.2.2 zweite Kollektorzone eines zweiten Bipolartransistors

15 3 Isolierschicht

4 Isolationsbereich

5.1 erste vergrabene Schicht

5.2 zweite vergrabene Schicht

5.1.1 erste Zone der ersten vergrabenen Schicht 5.1

5.1.2 zweite Zone der ersten vergrabenen Schicht 5.1

20 5.2.1 erste Zone der zweiten vergrabenen Schicht 5.2

5.2.2 zweite Zone der zweiten vergrabenen Schicht 5.2

6 erste Hilfsschicht, Oxidschicht

7 zweite Hilfsschicht, Nitridschicht

8 maskierende Schicht,

25 9 epitaktische Schicht

10 epitaktische Schicht

11 Kollektoranschlussbereich

12 Öffnungen

13 STI-Oxidschicht

30 14 Unterätzung

15 Dotierung

C1 Kollektorweite des ersten Kollektorbereichs 2.1

C2 Kollektorweite des zweiten Kollektorbereichs 2.2

35 C3 erste Dicke der Kollektorzonen 2.2.1 und 2.1.1

C4 zweite Dicke der Kollektorzone 2.2.2

D1 Dicke der vergrabenen Schicht 5.1

D2 Dicke der vergrabenen Schicht 5.2  
D3 Dicke der Zone 5.1.2  
E1 Dicke der epitaktischen Schicht 9  
E2 Dicke der epitaktischen Schicht 10

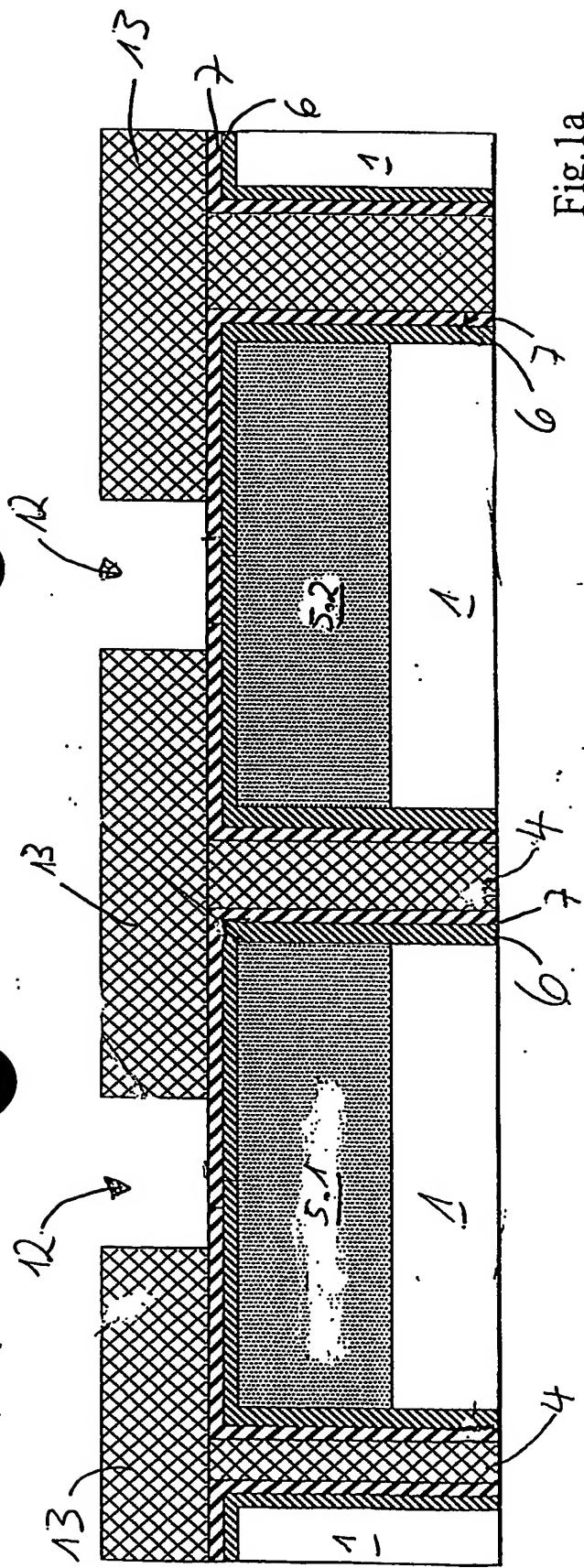


Fig. 1a

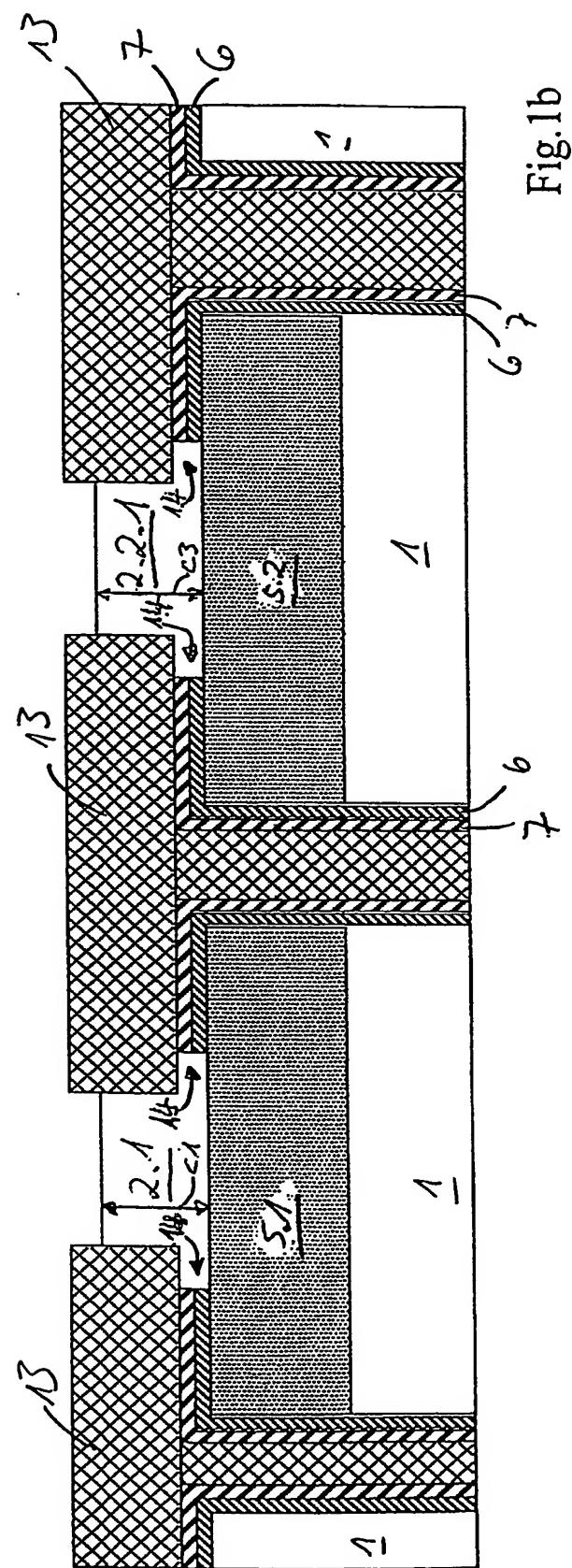
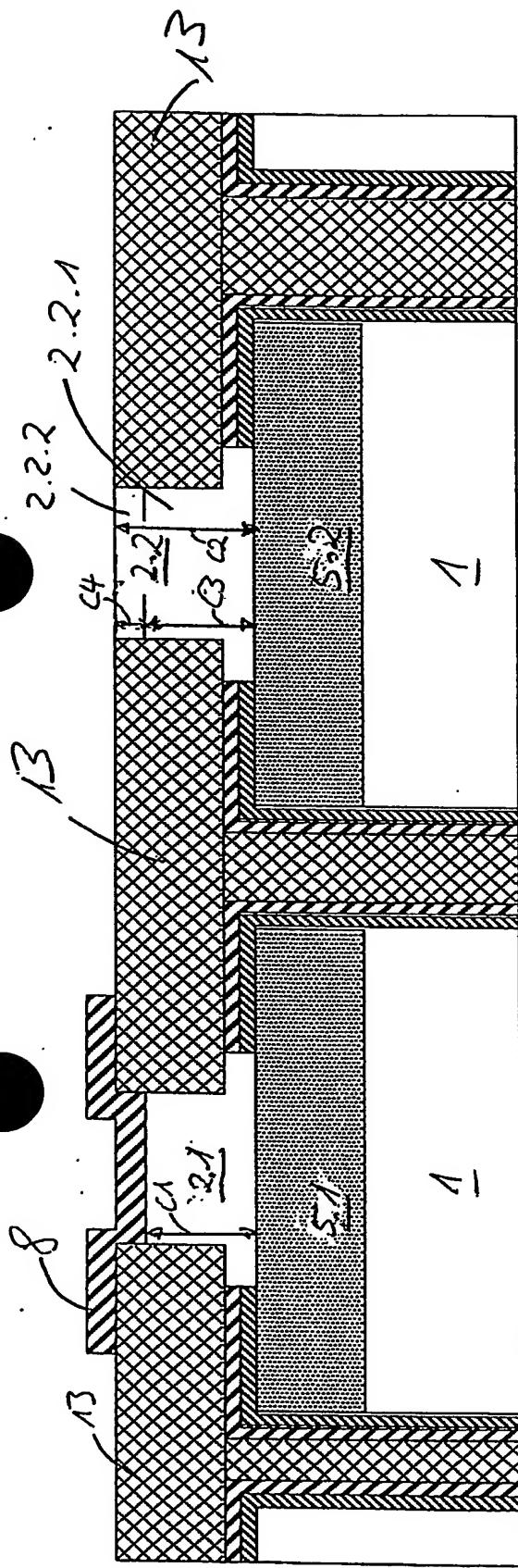


Fig. 1b



Fig/c

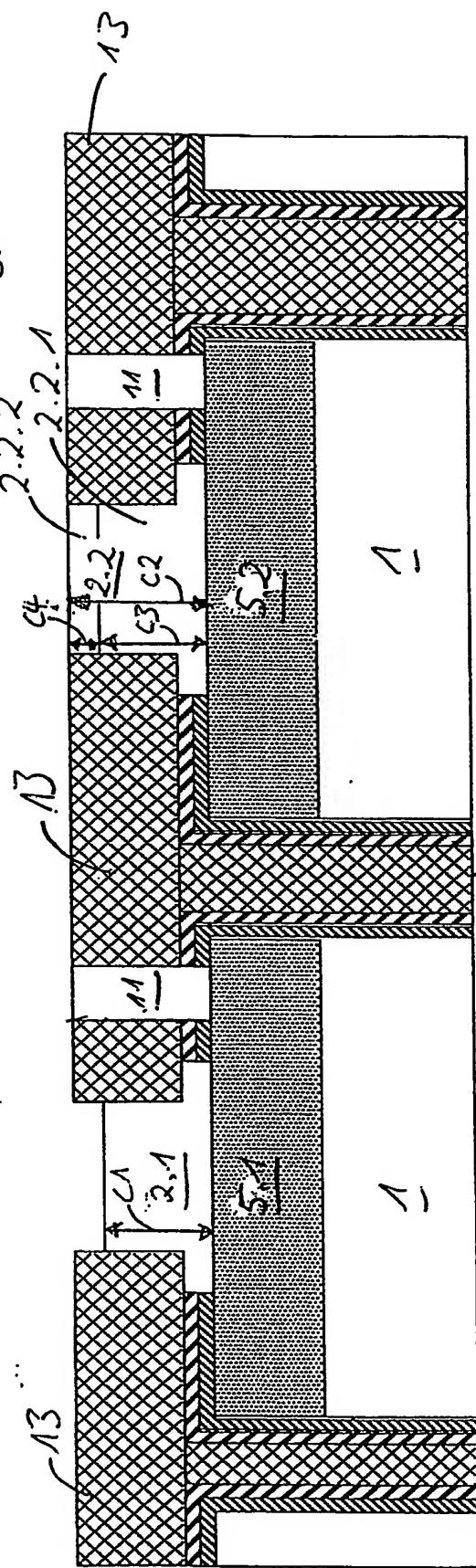


Fig. 14d

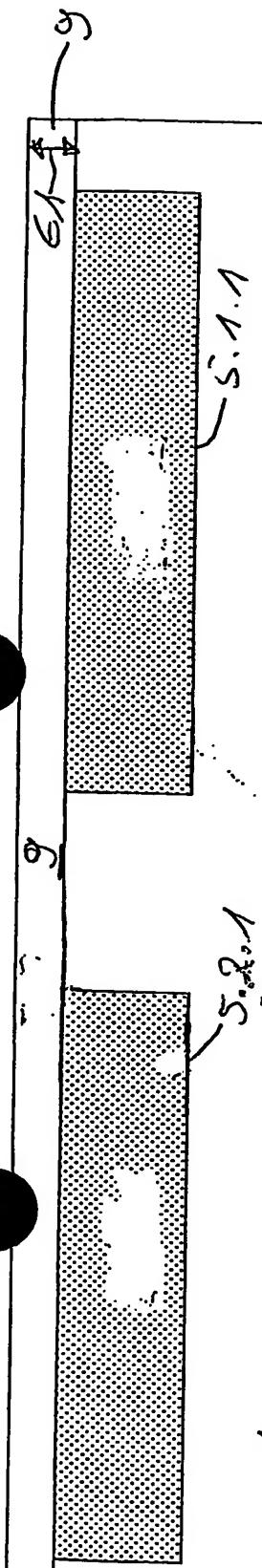


Fig.2a

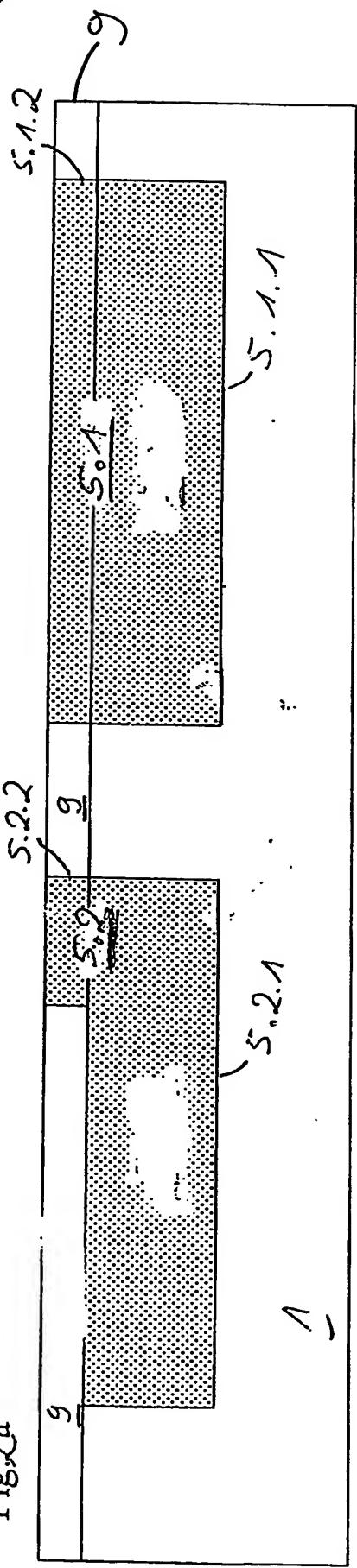


Fig.2b

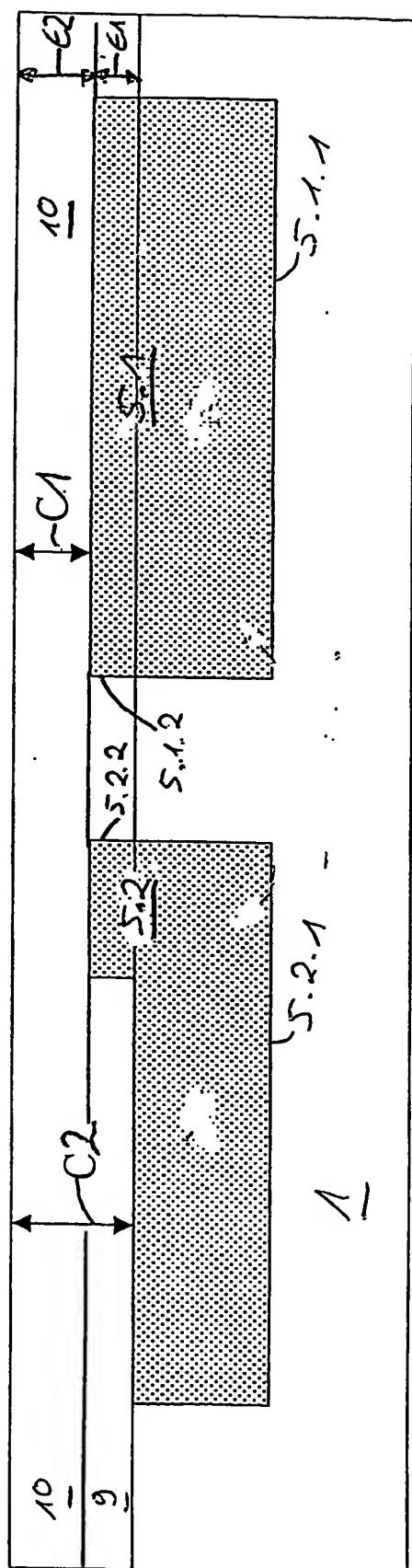


Fig.2c

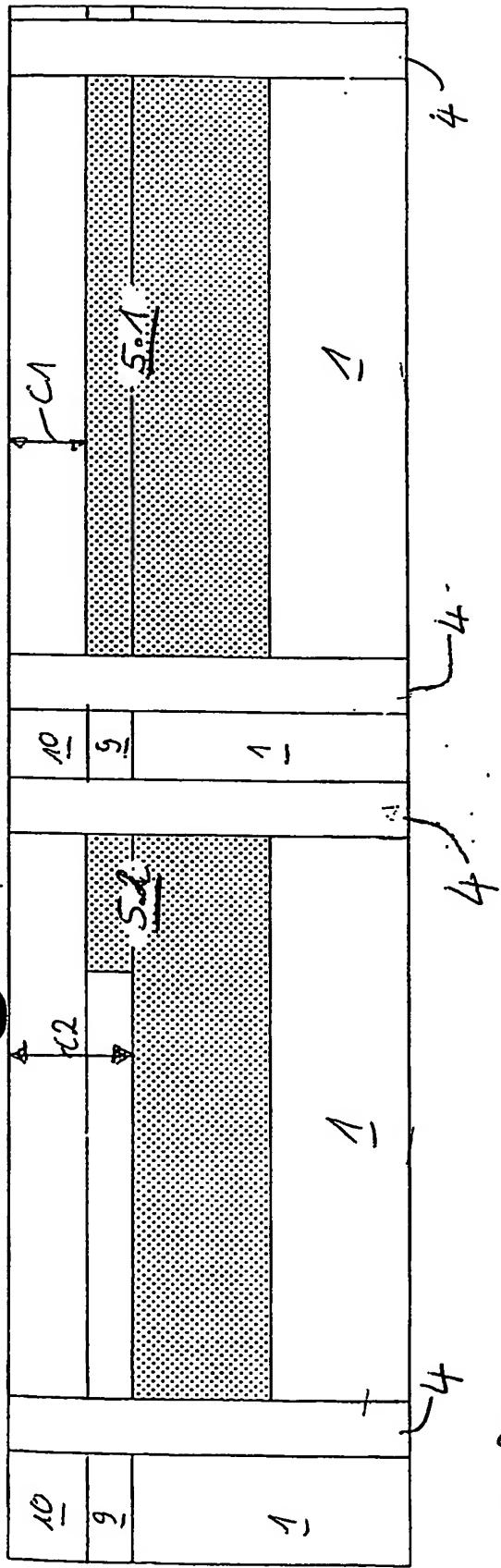


Fig. 2d

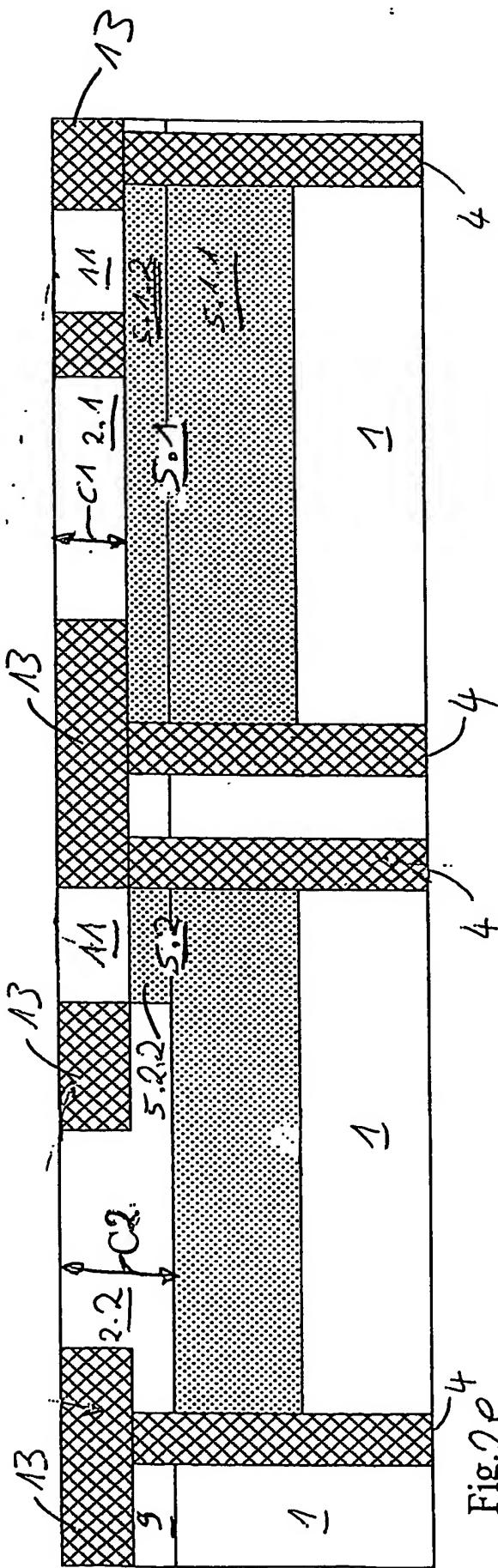
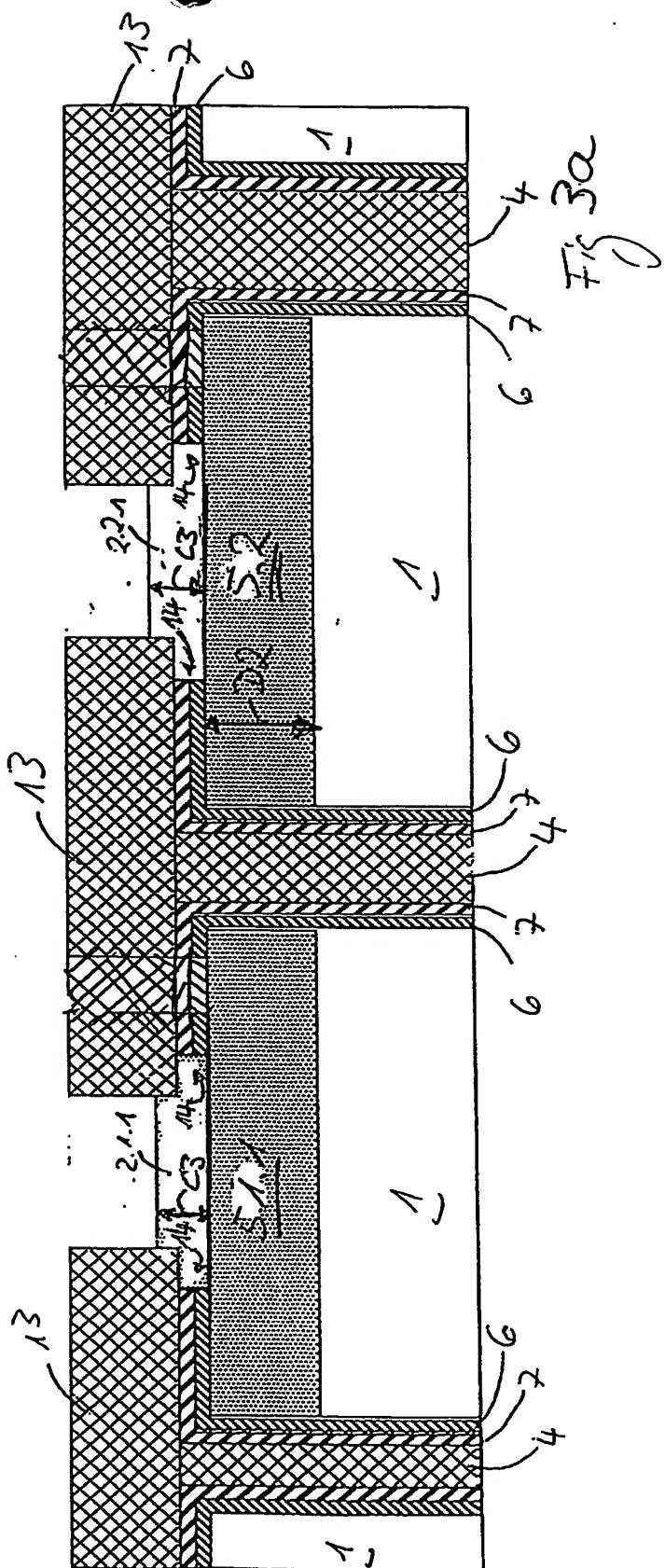


Fig. 2 e



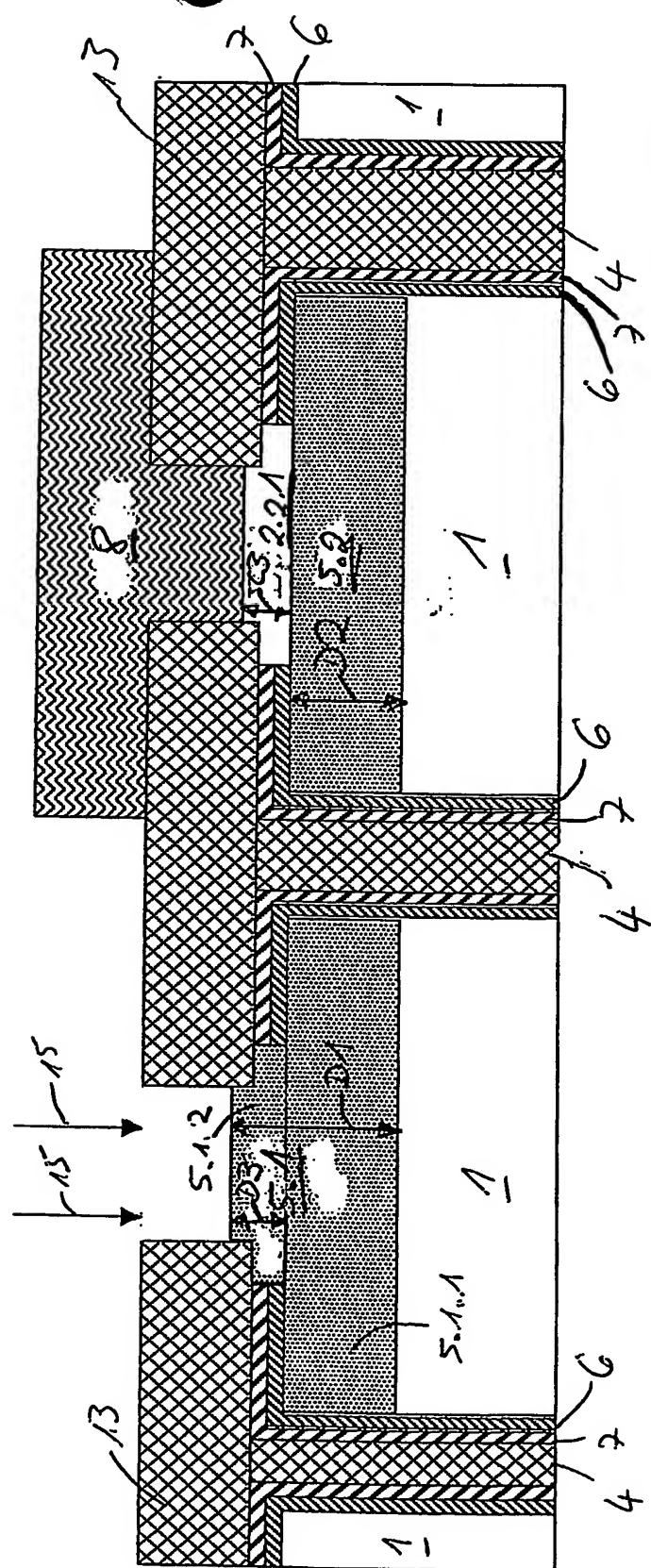
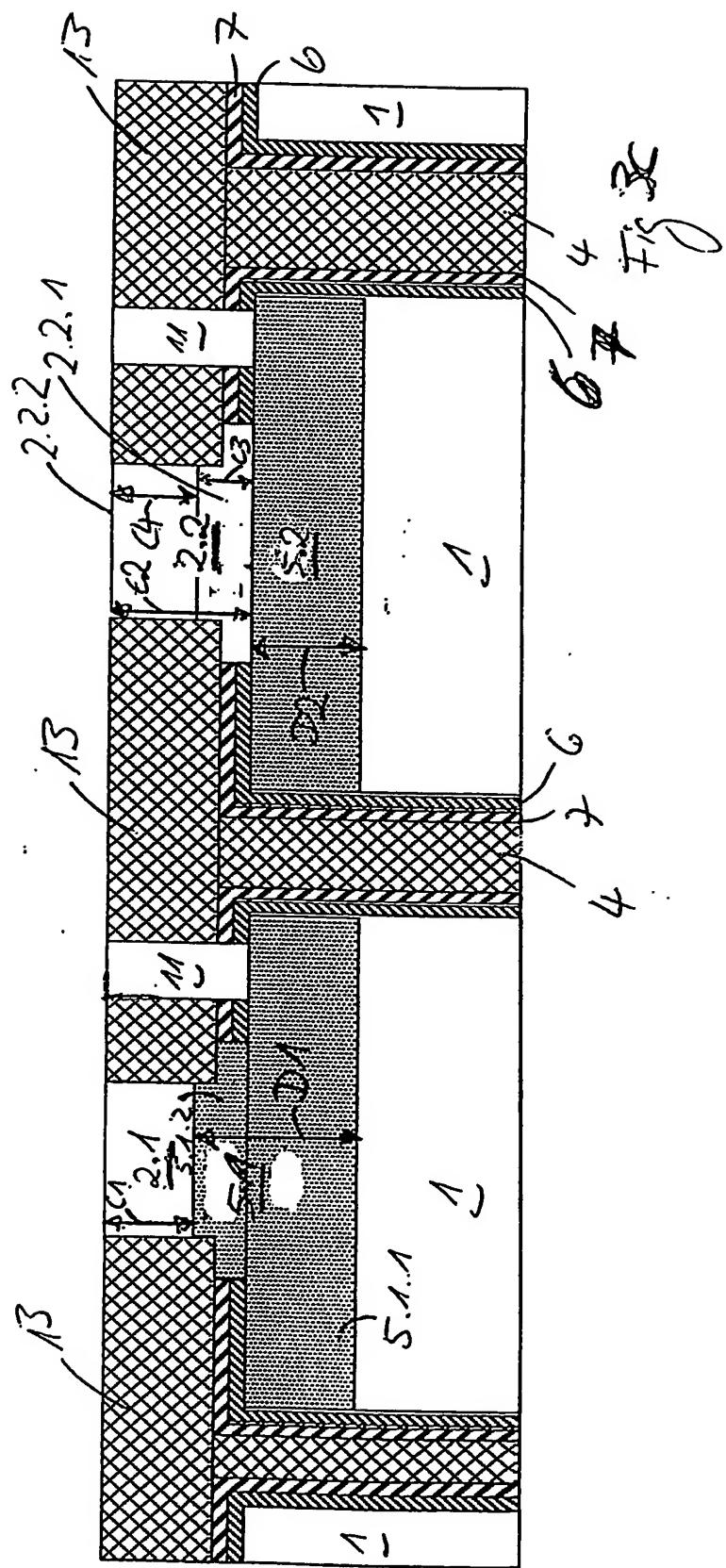


Fig. 36.



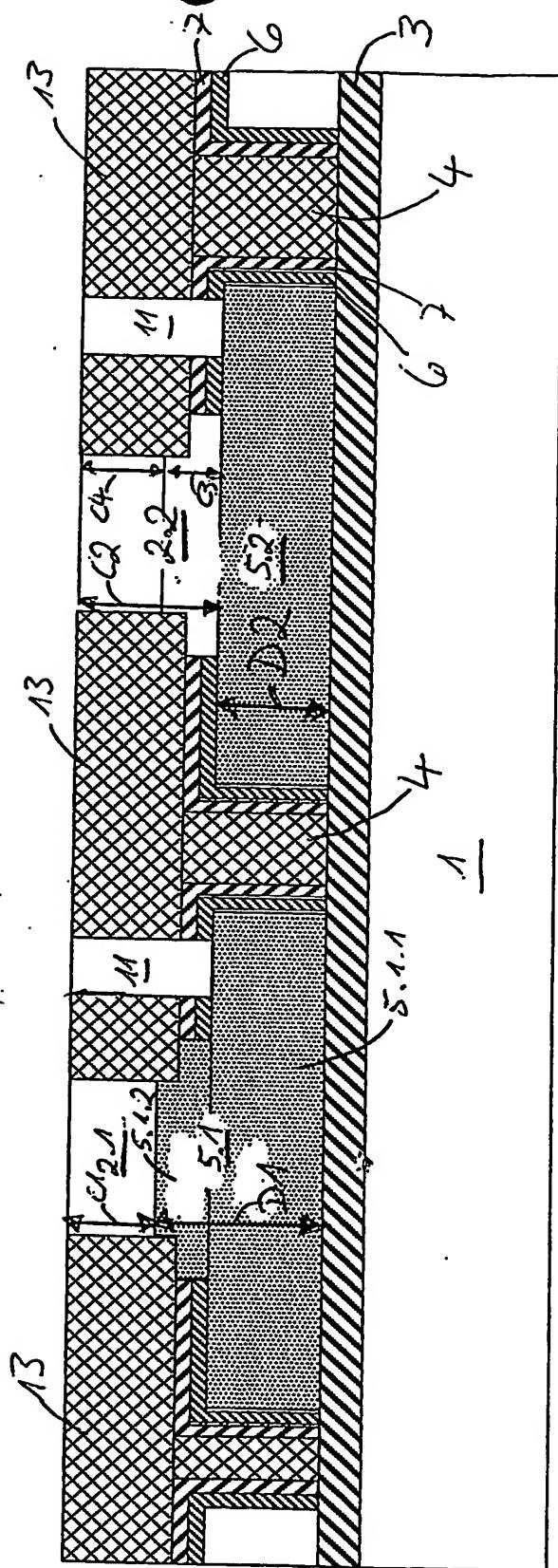


Fig. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**